

Rec'd PCT/PTO 22 FEB 2005
PCT/EP 0 37 093 54

#2



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

REC'D 29 OCT 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02090300.1

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr.:
Application no.: 02090300.1
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 23.08.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Deutsches Rheuma-Forschungszentrum Berlin
Schumannstr. 21/22
10117 Berlin
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zum Nachweis and zur Isolierung von T-Lymphozyten, die ein definiertes
Antigen erkennen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G01N33/48

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

Verfahren zum Nachweis und zur Isolierung von T-Lymphozyten, die ein definiertes Antigen erkennen

5

Die Erfindung betrifft die Verwendung von CD154 zum Nachweis und zur Isolierung von T-Lymphozyten, die ein definiertes Antigen erkennen, und ein Verfahren zum Nachweis und zur Isolierung von T-Lymphozyten in Zellsuspensionen oder Körperflüssigkeiten, die ein definiertes Antigen erkennen.

Das Immunsystem besteht aus Zellen und Molekülen, die im Körper zirkulieren und deren Homeostase und Kooperation durch Zytokine und Wachstumsfaktoren aufeinander abgestimmt werden. Nicht benötigte Zellen werden durch Apoptose eliminiert. Diese Mechanismen werden durch äußere Einflüsse oder genetische Prädispositionen verschiedenster Art beeinflusst. Das Immunsystem spielt eine zentrale Rolle bei der Entstehung vieler Erkrankungen, insbesondere Allergien, Entzündungen und Autoimmunerkrankungen. Es ist verantwortlich für eine verstärkte Immunität nach Impfungen, versagt jedoch bei der Entstehung von Tumorerkrankungen.

Dendritische Zellen (DC) sind die Wächter des Immunsystems und im Körper dort lokalisiert, wo fremde und möglicherweise gefährliche Stoffe eindringen können. Sie sind professionelle Antigen-präsentierende Zellen, die das Antigen aufnehmen, verdauen, Peptidfragmente des Antigens spezifischen T-Lymphozyten präsentieren und sie dabei

aktivieren. Die unreifen Vorläufer der DC wandern kontinuierlich über das Blut in die Lymphorgane, wo sie unter bestimmten Umständen zu reifen DC differenzieren können. Es gibt verschiedene Vorläuferzellen, die zu unterschiedlichen Typen von DC ausreifen können. Diese unterschiedlichen Typen von DC reagieren auch unterschiedlich auf Antigene durch die Expression bestimmter Membranmoleküle und Zytokine. Auf diese Weise kontrollieren sie die Aktivierung der T-Lymphozyten, die dann pro- (Th1) oder antiinflammatorisch (Th2), regulatorisch (Tr) oder tolerant (Ta) werden können. Die Art der Aktivierung der T-Lymphozyten wird durch kostimulatorische Aktivierungssignale von Antigen-präsentierenden Zellen bestimmt. Aktivierungssignale sind Liganden für Rezeptoren der T-Lymphozyten. Diese Liganden befinden sich auf der Oberfläche der APC, sie sind an die extrazelluläre Matrix gebunden oder sie werden von Zellen sezerniert, so die Zytokine. Neben der Antigen-spezifischen Aktivierung durch Signale über den Antigenrezeptor der T-Lymphozyten und kostimulierende Liganden ist jedoch auch eine unspezifische Aktivierung von T-Lymphozyten beschrieben; z. B. durch Zytokine oder durch Lektine.

Die Gesamtheit der molekularen Veränderungen bei der Aktivierungsreaktion und funktionellen Differenzierung von T-Lymphozyten ist jedoch derzeit nur unvollständig aufgeklärt. So ist auch die Erfassung des Aktivierungs- und Funktionszustandes von T-Lymphozyten, die ein bestimmtes Antigen erkennen, beim gegenwärtigen Stand der Technik nur ungenau möglich.

Für klinische Anwendungen bei der Diagnostik von Krankheiten und in der Forschung ist es essentiell, insbesondere solche spezifischen T-Lymphozyten erfassen zu können, die durch ein bestimmtes Antigen aktiviert werden können oder
5 aktivierbar sind. Weiterhin ist es wünschenswert, solche Antigen-spezifischen T-Lymphozyten aus Zellgemischen insbesondere für zelltherapeutische Zwecke isolieren zu können.

Im Stand der Technik sind mehrere Verfahren offenbart, mit
10 denen der Aktivierungs- und Funktionszustand von T-Lymphozyten bestimmt werden kann. So offenbart die DE 100 21 834 A1 mRNA-Moleküle zur Verwendung als Indikatoren für den Funktionszustand von T-Lymphozyten, wobei die mRNA-Moleküle bei aktivierten T-Lymphozyten im
15 Vergleich zum Normal- bzw. zum Ruhezustand vermehrt oder vermindert exprimiert sind. Durch Bestimmung der Interaktion zwischen den komplementären, hybridisierten Nucleinsäuresequenzen ist es möglich, Unterschiede in der Expressionsstärke der mRNA-Moleküle zu bestimmen, was
20 Rückschlüsse auf den Aktivierungszustand der T-Lymphozyten zulässt. Weiterhin offenbart diese Druckschrift die Verwendung von Polypeptiden, die durch die Nucleotidsequenzen codiert werden und gegen die Polypeptide gerichtete Antikörper sowie die Verwendung dieser
25 Antikörper zum Nachweis des Aktivierungs- und Funktionszustandes von T-Lymphozyten.

Die DE 37 37 703 A1 offenbart Antikörper, die gegen ein neutrophil aktivierendes Polypeptid gerichtet sind und als Diagnostikum eingesetzt werden können, um aktivierte

Strukturen der zellulären Immunantwort zu detektieren und zu charakterisieren.

Die DE 42 26 974 C2 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufbereitung und Separation von Zellsuspensionen. Die beschriebene Separationsvorrichtung und das Verfahren zur kontinuierlichen Aufbereitung einer Zellsuspension kann verwendet werden, um unterschiedliche Bestandteile, beispielsweise des menschlichen Blutes zu separieren, wobei Zellen, die im Zusammenhang mit der zellulären Immunantwort stehen, spezifisch aufgereinigt werden können.

In der US-PS 5,874,302 wird ein Verfahren offenbart, mit dem T-Lymphozyten kultiviert werden und die so gewonnenen T-Lymphozyten zu klinischen Behandlungen von Tumoren eingesetzt werden. Gemäß der US-PS 5,874,302 wird Blut als Ausgangsmaterial für die Herstellung der T-Zellkultur-Suspension verwendet, wobei das entsprechende Startmaterial mit bestimmten Tumorzellen kokultiviert wird.

Die CA 1,296,622 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen des immunregulatorischen Status von Leukozyten. Die Leukozyten werden mit Standardsubstanzen stimuliert, um den immunregulatorischen Status, beispielsweise mit Hilfe von markierten Antikörpern zu bestimmen. Zunächst wird hierzu eine Probe aus peripheren mononukleären Zellen des Patienten, der ein Immun-beeinflussendes Mittel erhalten hat, vermehrt und anschließend wird in einem Aliquot der vermehrten Probe der Prozentsatz von mononukleären Zellen bestimmt, welche ein Aktivierungs-Antigen in vitro exprimieren. Anschließend wird der Prozentsatz mit einem vorgegebenen Wert des

Prozentsatzes als Anzeige des in vitro Effektes verglichen, wodurch der immunregulatorische Zustand des Patienten bzw. des Effektes der Immun-beeinflussenden Therapie auf den immunregulatorischen Zustand bestimmt werden kann. Zu den
5 Unterklassen der zu bestimmenden mononukleären Zellen gehören beispielsweise T-Lymphozyten, cytotoxische T-Lymphozyten und Helfer-T-Lymphozyten.

In der WO 99/58977 wird ein Verfahren zur direkten Selektion von Antigen-spezifischen T-Lymphozyten
10 beschrieben. Die T-Lymphozyten werden hier anhand der Produktion von Zytokinen mittels Durchfluss-Zytometrie oder der magnetischen Zellsortierung separiert. Es werden hier solche aktivierte T-Lymphozyten selektiert, die nach Stimulation mit Antigen ein bestimmtes oder mehrere
15 bestimmte Zytokine exprimieren.

Weiterhin ist es mit den bekannten diagnostischen Verfahren nicht möglich, die Aktivierung durch eine virale oder bakterielle Infektion von einer Aktivierung durch eine Autoimmunreaktion oder durch eine Transplantatabstoßung zu
20 unterscheiden, obwohl eine solche Unterscheidung aus diagnostischen und aus klinischen Gesichtspunkten heraus wünschenswert ist. Durch die unzureichende Detektion von aktivierten T-Lymphozyten in einer biologischen Probe ist es auch nicht möglich, diese entsprechenden Zellen gezielt
25 zu separieren, da sie hierfür zunächst eindeutig bestimmt werden müssen.

Bisher sind keine immundiagnostischen Verfahren beschrieben, die einen schnellen und einfachen Nachweis der Gesamtheit aller für ein Antigen spezifischen T-Lymphozyten
30 und darüber hinaus deren Isolierung ermöglichen. Bei den

verschiedensten Erkrankungen ist es von größtem diagnostischem und therapeutischen Interesse, die die Immunantworten zentral und somit auch verschiedenste Immunpathogenesen steuernden T-Lymphozyten direkt Antigen-spezifisch nachzuweisen oder sie für zelltherapeutische Ansätze, wie den adoptiven T-Zelltransfer, zu isolieren. Dies betrifft Erkrankungen wie Allergien und Autoimmunerkrankungen, denen fehlgesteuerte Immunreaktionen zu Grunde liegen wie auch chronische Infektionskrankheiten, Tumore oder Leukämien.

Bisherigen Verfahren liegen zwei unterschiedliche Strategien zugrunde:

- (i) Der „strukturelle“ Nachweis Antigen-spezifischer T-Lymphozyten basiert auf der direkten Markierung der von den T-Lymphozyten ausgeprägten T-Zellrezeptoren mittels MHC-Multimeren, die zusammen mit den jeweiligen antigenen Peptiden komplexiert sind (US 5,635,363 / FR 9911133). Die Nachteile solcher Verfahren bestehen darin, dass sie zum einen abhängig von dem der zu untersuchenden Individuen ausgeprägten MHC-Genotyp sind und zum anderen dass die MHC-Moleküle nur mit einem immundominanten Peptidepitop des jeweiligen Antigens komplexiert werden. Jedes Agens muss somit individuell entsprechend des Genotyps und zu verwendenden immundominanten Peptidepitops, das zudem nur bei wenigen Antigenen und auch nur für wenige MHC-Allele bekannt ist, des Antigens hergestellt werden. Zudem konnten bisher die für den Nachweis und die Isolierung MHC-II restringierter Antigen-spezifischer CD4+ Th-Lymphozyten essentiellen MHC-II Multimere aufgrund besonderer struktureller Merkmale des

MHC-II Moleküls nicht in für eine Anwendung ausreichender Qualität hergestellt werden.

(ii) Funktionale Nachweise Antigen-spezifischer T-Lymphozyten beruhen entweder auf der Antigen-reaktiven Proliferation nach Stimulation mit Antigen, die jedoch erst nach 3-5 Tagen detektierbar ist, oder auf Antigen-reaktiver Expression von Aktivierungsmolekülen oder Sekretion von Zytokinen. Während bisher beschriebene Aktivierungsmarker zum Teil auch von speziellen nicht aktivierten T-Lymphozyten ausgeprägt werden und daher nicht spezifisch genug sind, kann anhand der „reaktiven“ Expression von Zytokinen nicht die Gesamtheit der spezifischen T-Lymphozyten nachgewiesen werden. Durch die unzureichende Detektion von spezifisch aktivierten T-Lymphozyten in einer biologischen Probe ist somit auch nicht möglich, diese entsprechenden Zellen gezielt zu separieren, da sie hierfür zunächst eindeutig bestimmt werden müssten.

Die bekannten Verfahren, bei denen spezifische T-Lymphozyten aufgrund ihrer Zytokin Sekretion detektiert und isoliert werden, beispielsweise nach der WO 99/58977, kann die Gesamtheit aller spezifischen T-Lymphozyten nicht bestimmt und isoliert werden, da sich oft jede aktivierte T-Zelle durch individuelle Zytokinprogramme auszeichnet.

Nachteilig bei den bekannten Verfahren der Isolierung von lebenden T-Lymphozyten anhand der Produktion von Zytokinen ist weiterhin, dass die Zellen zum Zeitpunkt ihrer maximalen Sekretionsleistung aus der Kultur herausgenommen werden, um an ihnen eine für die jeweiligen Zytokine spezifische „Fangmatrix“ anzubringen. Danach müssen die Zellen für eine kurze Zeit wieder kultiviert werden. Dies

erhöht den technischen Aufwand zur Gewinnung spezifischer T-Lymphozyten beträchtlich. Gerade in den letzten Jahren wurden in verschiedenen Veröffentlichungen immer wieder regulatorische T-Lymphozyten (Tr/Treg) beschrieben, denen
5 sich keine definierten Zytokinmuster zuordnen lassen, d.h. die Zellen sind anhand einer Zytokinsekretion nicht detektierbar oder isolierbar. Zudem ist die Expression bestimmter Zytokine (z. B. IL-10) auch entscheidend von der Art der gewählten in vitro Aktivierung abhängig.

10 Der bisherige Nachweis und die Isolierung von spezifischen T-Lymphozyten ist bisher auch deshalb limitiert, da zwar eine Reihe von Biomolekülen bekannt sind, die als Indikatoren bzw. Marker für bestimmte aktivierte T-Lymphozyten herangezogen werden können, jedoch ist es
15 derzeit aufgrund der begrenzten Zahl und Qualität der verfügbaren Aktivierungsmarker nicht möglich, durch Bestimmung eines dieser Marker zu entscheiden, ob die T-Lymphozyten sich in dem gewünschten Zustand befinden. Beispielsweise wird der Aktivierungsmarker CD69 von allen
20 T-Lymphozyten nach Aktivierung exprimiert. Jedoch führen auch jegliche Stresseinwirkungen zur Expression von CD69, so dass durch Bestimmung dieses Markers keine Aussage über die Antigen-spezifischen T-Lymphozyten möglich ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher Verfahren
25 bereitzustellen, mit denen alle Antigen-spezifischen T-Lymphozyten unabhängig von ihrem funktionalen Potential einfach, kostengünstig und sicher detektiert bzw. isoliert werden können.

Die vorliegende Erfindung löst dieses technische Problem
30 durch eine Verwendung von CD154 zum Nachweis und/oder zur

Isolierung von T-Lymphozyten, die ein bestimmtes Antigen erkennen.

CD154 ist ein Mitglied der TNF-Gen-Familie und wird unter anderem von verschiedenen Zellen, insbesondere T-Lymphozyten exprimiert. CD154 wird ein bis drei Stunden nach der Aktivierung von den stimulierten T-Lymphozyten herunterreguliert.

Lymphozyten stellen die spezifischen Träger der Immunantwort dar, wobei zwei große Populationen bekannt sind: Die B- und die T-Lymphozyten. Die T-Lymphozyten besitzen zahlreiche Oberflächenmoleküle, von denen das CD4- und das CD8-Protein von besonderer Bedeutung sind. Die CD4 T-Lymphozyten werden auch als Helfer-T-Zellen (Th-Zellen) bezeichnet, da sie über die Produktion löslicher Botenstoffe bei der Aktivierung anderer Zellen mithelfen.

Lymphozyten und andere Leukozyten exprimieren viele verschiedene Moleküle auf ihrer Zelloberfläche. Einige erscheinen nur kurzzeitig während bestimmter Phasen der Differenzierung oder nach Aktivierung des Zellen. Andere Moleküle sind konstant und typisch für die jeweilige Zellreihe. Solche konstant exprimierenden Antigene können als Marker für bestimmte Zellpopulationen genutzt werden. Es gibt eine einheitliche Nomenklatur für Zelloberflächenmarker, das CD-System (CD = cluster of differentiation), in welchem die Marker fortlaufend nummeriert sind. So kommen beispielsweise auf NK- und T-Lymphozyten CD 154 wie auch CD 165 oder andere Moleküle vor.

Überraschend war, dass CD154 verwendet werden kann, um T-Lymphozyten unabhängig von ihrem funktionalen Potential nachzuweisen. Der überraschende Vorteil der Verwendung von CD154 zum Nachweis und zur Separation von T-Lymphozyten liegt darin, dass die T-Lymphozyten unabhängig von ihrer Funktion sicher detektiert bzw. isoliert werden können, d.h. alle antigenspezifischen T-Lymphozyten in einer Probe können bestimmt und separiert werden. Somit wird durch die erfindungsgemäße Verwendung vorteilhafterweise ein neuer praktikabler Kandidat für die Bestimmung von antigenspezifischen T-Lymphozyten bereitgestellt.

Nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung sind die T-Lymphozyten Th-Lymphozyten, insbesondere $CD4^+$ und/oder $CD8^+$ Th-Lymphozyten. Für die Antigenerkennung benutzen T-Zell-Lymphozytenpopulationen eine T-Zellrezeptor (TZR), der ein heterodimeres Molekül darstellt, das aus verschiedenen Kettenkombinationen besteht. Der weitaus größte Teil aller T-Lymphozyten trägt einen alpha-/beta-T-Zellrezeptor. Diese T-Lymphozyten besitzen weitere Oberflächenmoleküle, insbesondere das $CD4$ - und das $CD8$ -Protein. $CD8$ -Lymphozyten werden von Antigenen stimuliert, die von Klasse-I-Molekülen des MHC präsentiert werden und sind als zytolytische T-Lymphozyten für die Virusabwehr von entscheidender Bedeutung. $CD4$ -T-Lymphozyten erkennen Antigene, welche von MHC-Klasse-II-Molekülen präsentiert werden und haben einen wesentlichen Anteil an der Abwehr von Bakterien, Pilzen, Protozoen und anderen Parasiten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden inflammatorische, antiinflammatorische, regulatorische

und/oder suppressive T-Lymphozyten nachgewiesen und/oder gewonnen.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Nachweis und/oder Isolierung von antigenspezifischen T-Lymphozyten
5 in einer Suspension nach Aktivierung mit einem Antigen, wobei die Suspension mit einem CD40/CD154-System-Inibitor in Kontakt gebracht wird, CD154 intra- oder und/oder extrazellulär bestimmt und die CD154 aufweisenden Zellen nachgewiesen und/oder isoliert werden.

10 Es ist überraschend, dass durch das „Inkontakt“ bringen der zu untersuchenden Suspension oder Probe mit einem CD40/CD154 System-Inhibitor CD154 intra- und/oder extrazellulär bestimmbar und somit die Zellen, die CD154 aufweisen, nachgewiesen und isoliert oder separiert werden
15 können, wobei es sich bei diesen Zellen insbesondere um die Gesamtheit der Antigen-spezifischen CD4⁺ Th-Lymphozyten handelt.

CD40 ist ein 45-50 kDa großes membranständiges Glycoprotein aus der TNF-Rezeptor-Genfamilie (Tumor-Nekrose-Faktor-Rezeptor-Genfamilie). Es wird von verschiedenen
20 hämatopoetischen Zelltypen aber auch von Eptithel- und Endothelzellen, Karzinomen, Fibroblasten und Muskelzellen ausgeprägt. Es kann von CD154 gebunden werden, das dementsprechend Mitglied der TNF-Gen-Familie ist und
25 ebenfalls von vielen Zellen mit sehr unterschiedlichen Funktionen exprimiert werden kann. CD40 wird auf verschiedenen Zellen exprimiert, wie zum Beispiel B-Lymphozyten, dendritische Zellen, Monozyten/Makrophagen, Mastzellen, hämatopoetische Stamm-/Vorläuferzellen (human),
30 Thymusepithelzellen (Maus), Endothelzellen, Fibroblasten

(Maus), Mukelzellen (human) und/oder Karzinome (human).
 CD154 wird beispielsweise auf T-Lymphozyten, aktivierte
 dendritischen Zellen (human), Monozyten, Mastzellen
 (human), basophilen/eosinophilen Granulozyten (human), NK-
 5 Lymphozyten (Maus), fetale Thymozyten (Maus) und/oder B-
 Zellen (human) exprimiert.

Entsprechend der sehr heterogenen Expressionsmuster auf
 verschiedenen Zelltypen sind zahlreiche CD40/CD154
 Wechselwirkungen beschrieben. Das CD40/CD154 System ist ein
 10 Beispiel für verschiedene Systeme, die auf Rezeptor-
 Liganden-Interaktionen basieren und als solche eine große
 Bedeutung bei Reaktionen des Immunsystems haben. Die
 CD40/CD154-Interaktionen zwischen T-Lymphozyten und
 dendritischen Zellen (DC) sind u.a. von Bedeutung bei der
 15 Induktion und Regulation der Immunantwort von Bedeutung.
 Eine spezielle Stellung nehmen CD40/CD154 Interaktionen bei
 Entwicklung von humoralen Antikörperreaktionen ein. Eine
 besondere klinische Bedeutung zeigte sich bei dem
 sogenannten X-chromosomalen Hyper-IgM-Syndrom; einer
 20 Immunerkrankung, bei der die Expression eines nicht-
 funktionellen CD154 zu einer stark verminderten
 Antikörperbildung und pyogenen Infektionen führt. In
 anderen Zellen beeinflusst die Signalweiterleitung über
 CD40/CD154 aber auch beispielsweise die Entstehung von
 25 Thromben in vivo und verstärkt die Entwicklung von
 Atherosklerose.

Die Bedeutung des von T-Lymphozyten ausgeprägten CD154 ist
 somit vor allem während der Interaktion mit B-Lymphozyten
 für die Entwicklung von humoralen Antikörperantworten
 30 essentiell. Anscheinend kann das von T-Lymphozyten

ausgeprägte CD154 auch mit von verschiedenen Antigen-präsentierenden Zellen (APC) exprimiertem CD40 in Interaktion treten. Dies wird deutlich, da während der in vitro Stimulation mit spezifischen Antigenen CD154 auf
5 aktivierte T-Lymphozyten sehr schnell herunter reguliert wird. Als für dieses Phänomen verantwortlich angesehen wird die Interaktion von CD154 auf den aktivierten T-Lymphozyten mit von in solchen Systemen auch von APC wie Monozyten stark exprimierten CD40. Die spezifisch von aktivierten T-
10 Lymphozyten ausgeprägten CD154 Moleküle werden danach in den Zellen degradiert. Es steht dann in einem nicht durch das erfindungsgemäße Verfahren beeinflussten System als Marker für spezifische CD4+ Th-Lymphozyten nicht mehr zur Verfügung.

15 Durch die Zugabe eines CD40/CD154 System-Inhibitors wird die Wechsel- und Signalwirkung sowie Interaktion von CD40 und CD154 gestört bzw. inhibiert. CD40/CD154 System-Inhibitoren können im Sinne der Erfindung alle Moleküle oder auch physikalische Einwirkungen sein, die in der Lage
20 sind, die Interaktion zwischen CD40 und CD154 zu blockieren oder zu inhibieren. Demgemäß kann das inhibierende Mittel ein Antikörper, der beispielsweise gegen CD40 gerichtet ist, sein, ein Molekül, ein Cäsium- oder ein Lithiumion, welches die Wechselwirkung zwischen CD40 und CD154
25 untereinander beeinflusst. Es kann selbstverständlich aber auch eine Substanz sein, die die Sekretion oder Endozytose in der Zelle inhibiert, wie z.B. Brefeldin-A (Bref-A). Bref-A ist ein Inhibitor des Goldi-Apparates und der Sekretion einer Vielzahl an Zytokinen. Durch diese Stoffe
30 wird gewährleistet, dass entweder CD40, CD154, die Wechselwirkung zwischen den beiden bzw. das CD40/CD154

- System so modifiziert wird, dass CD154 entweder auf der Zelloberfläche nicht mehr herunter reguliert bzw. abgebaut wird, oder, sofern es sich noch innerhalb der Zelle befindet, nicht mehr innerhalb dieser transportiert wird.
- 5 Durch die Unterbrechung des Transportes innerhalb der Zelle wird der Abbau von CD154 verhindert. Somit wird CD154 innerhalb oder außerhalb der Zelle als außenstehender Rezeptor stabilisiert und kann mit dem Fachmann bekannten Nachweisverfahren detektiert und folgend isoliert werden.
- 10 Dem Fachmann sind verschiedene Verfahren und Vorrichtungen bekannt, mit denen detektierte Zellen des Immunsystems separiert, aufgereinigt, angereichert bzw. isoliert werden können, z.B. die Durchflusszytometrie oder die magnetische Zellsortierung.
- 15 Durch die Zugabe des CD40/CD154 System-Inhibitors wird der Abbau oder die Degradation von CD154 innerhalb und/oder außerhalb der Zelle unterbunden, so dass die Zellen, die CD154 aufweisen, charakterisiert und folgend anhand dieser Charakterisierung isoliert werden können. Durch das
- 20 erfindungsgemäße Verfahren wird somit insbesondere eine neue erfindungsgemäße Kandidat, CD154, für die Bestimmung von Antigen-spezifischen T-Lymphozyten bereitgestellt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden als T-Lymphozyten Th-Lymphozyten detektiert und/oder

25 separiert, insbesondere CD4⁺ und/oder CD8⁺ Th-Lymphozyten.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der CD40/CD154 System-Inhibitor ein gegen CD40 gerichteter Antikörper, ein gegen CD154 gerichteter Antikörper, ein Sekretionsinhibitor und/oder ein Endozytoseinhibitor. Dem

30 Fachmann sind verschiedene Sekretionsinhibitoren und

Edozytoseinhibitoren bekannt. Der Antikörper kann hierbei ein polyklonaler, monoklonaler bzw. ein spezifisch modifizierter Antikörper oder ein Antikörperfragment, beispielsweise ein Antikörper sein, der mit einem Phagen
5 oder einem Phagenfragment assoziiert ist. Er kann sowohl gegen ein einzelnes Epitop auf CD40 bzw. gegen mehrere Strukturen von CD40 gerichtet sein. Ein Antikörper im Sinne der Erfindung ist ein Molekül, welches CD40 so beeinflusst, dass eine Wechselwirkung mit CD154 vorteilhafterweise nicht
10 mehr möglich ist. Antikörper bedeutet daher im Zusammenhang mit der Erfindung ein Polypeptid, das im Wesentlichen von Immunoglobulin-Genen oder Fragmenten davon codiert wird, das CD40 spezifisch bindet bzw. erkennt. Der in der vorliegenden Erfindung verwendete Begriff Epitop bedeutet
15 eine beliebige Antigen-Determinante auf einem Antigen, an das das Paratop eines Antikörpers bindet. Epitop-Determinanten bestehen insbesondere aus chemisch aktiven Oberflächengruppierungen von Molekülen, wie Aminosäuren oder Zuckerseitenketten und besitzen normalerweise sowohl
20 spezifische Merkmale der dreidimensionalen Struktur als auch spezifische Ladungsmerkmale.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden als der Sekretionsinhibitor und/oder der Endozytosehibitor Brefeldin-A und/oder Monsensin verwendet. Brefeldin A ist
25 ein Metabolit des Pilzes *Penicillium brefeldianum* und blockiert als carboxyliertes Ionophor den Transport neu synthetisierter Proteine vom endoplasmatischen Retikulum in den Golgi-Apparat und behindert den Austausch zwischen Endosomen und Lysomen während der Kreislauf zwischen
30 Zellmembran und Endosomen vorteilhafterweise ungestört bleibt.

In einer weiteren, besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird CD154 intrazellulär in fixierten Zellen detektiert. Da CD154 extrazellulär schnell herunterreguliert bzw. abgebaut wird, sobald eine antigenspezifische Aktivierung von insbesondere Th-Lymphozyten stattgefunden hat, kann CD154 mit Vorteil intrazellulär mit hoher Genauigkeit in-vitro detektiert werden. Insbesondere durch die Zugabe von Brefeldin A wird der Transport des Proteins CD154 an die Zelloberfläche blockiert. Vorteilhafterweise ist hierdurch die Analyse des gesamten CD154, welches sich intrazellulär befindet, auf sehr spezifische Weise möglich, was eine nahezu vollständige Detektion von insbesondere allen reaktiven CD4⁺ Th-Lymphozyten ermöglicht. Durch die intrazelluläre Bestimmung von CD154 wird ein sehr gutes Signal-Rausch-Verhältnis erreicht, was eine sehr sichere und effiziente Bestimmung der Antigen-spezifischen Th-Lymphozyten ermöglicht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird CD154 extrazellulär auf vitalen Zellen detektiert. Um insbesondere Antigen-spezifische CD4⁺ und/oder CD8⁺ Th-Lymphozyten im therapeutischen oder klinischen Bereich einzusetzen, ist es erforderlich, die Zellen so zu detektieren, dass sie in ihrer Funktionalität nicht negativ beeinflusst werden, d.h., dass ein Nachweis vorteilhafterweise so gestaltet ist, dass die Zellen lebend und vital detektiert werden können, um sie folgend zur Herstellung eines Arzneimittels verwenden zu können. Es ist beispielsweise möglich, mittels anti-CD40-Antikörper CD40 zu neutralisieren, um den Abbau von CD154 auf der Zelloberfläche zu verhindern, was eine Detektion und

Isolierung von Antigen-spezifischen $CD4^+$ und/oder $CD8^+$ Th-Lymphozyten erlaubt.

Es ist bevorzugt, die Antigen-spezifischen T-Lymphozyten, insbesondere $CD4^+$ und/oder $CD8^+$ aus Frischblut, gefrorenen
5 Zellen, periphere mononukleäre Blutzellen (PBMC) und/oder aus anderen Körperflüssigkeiten zu gewinnen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die isolierten und/oder separierten T-Lymphozytenzellen, die keine Cytokine produzieren bzw. die kein definiertes
10 Zytokinmuster aufweisen. Mit Vorteil ist es also möglich, alle antigenspezifischen T-Lymphozyten, d. h. die Gesamtheit dieser Zellpopulation, die gegen ein bestimmtes Antigen gerichtet ist, zu detektieren und/oder zu isolieren, und zwar unabhängig davon, ob diese T-
15 Lymphozyten Cytokine produzieren oder nicht oder ob die T-Lymphozyten sich keinen definiertem Zytokinmuster zuordnen lassen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Detektion und zur Isolierung von Antigen-spezifischen T-Lymphozyten, beispielsweise $CD4^+$ Th-Lymphozyten, erlaubt es,
20 insbesondere Antigen-spezifische Th-Lymphozyten für die Zelltherapie gegen verschiedene Krankheiten, wie beispielsweise Krebs oder virale Infektionen einzusetzen. Bisher wurden z.B. Th-Lymphozyten in Form von Zelllinien oder Zellklonen für die adoptive Th-Lymphozytentherapie
25 verwandt. Die Herstellung dieser Zelllinien bzw. Zellklonen ist jedoch sehr aufwendig und benötigt einen langen Zeitraum. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es erstmalig, Antigen-spezifische Th-Lymphozyten mittels der
30 Detektion von CD154 in kurzer Zeit in vivo wie in vitro zu

detektieren und zu isolieren. Somit ist es erstmals möglich, Th-Lymphozyten aufgrund ihrer Antigenreaktivität unabhängig von ihren Phänotyp zu selektieren.

- 5 Mit Vorteil ist es durch die Verwendung von CD154 als Marker für antigenspezifische T-Lymphozyten möglich, beispielsweise aus Körperflüssigkeiten oder künstlichen Zellsuspensionen gegen ein gewähltes Antigen oder gewählte Antigene spezifische T-Lymphozyten, insbesondere für
10 zelltherapeutische Anwendungen, zu gewinnen. Vorteilhafterweise ist es möglich, spezifische T-Lymphozyten zur Expansion oder mit nachfolgendem oder direktem adoptiven Transfer zu isolieren, wobei diese spezifischen T-Lymphozyten inflammatorische oder
15 antiinflammatorische und insbesondere regulatorische oder supressive T-Lymphozyten darstellen.

Im folgenden soll die Erfindung anhand von Beispielen veranschaulicht werden, ohne die Erfindung darauf zu beschränken.

20 **Beispiel 1**

- Die Kinetik der intrazellulären CD154 Expression in Antigen-reaktiven Th-Zellen nach *in vitro* Stimulation von humanen Vollblut mit dem Superantigen Staphylococcus Enterotoxin B (SEB) wurde bestimmt. Jeweils 1ml Vollblut
25 eines normalen gesunden Spenders wurde für die angegebenen Zeiten mit oder ohne SEB (1µg/ml) bei 37°C kultiviert. Für die letzten 2 Stunden der Kultur wurde der Sekretionsinhibitor BrefA zugegeben. Es sind auf CD4⁺ Th-Zellen begrenzte Analysen gezeigt. In Fig. 1 ist die
30 Kinetik der intrazellulären CD154 Expression gezeigt.

Beispiel 2

Fig. 2 zeigt den Nachweis Tetanus-Toxoid-(TT)-spezischer Th-Zellen und Allergen-spezifischer Th-Zellen in humanem Vollblut unabhängig von der Art der reaktiv produzierten Zytokine nach *in vitro* Stimulation mit TT und Allergen. Jeweils 1ml Vollblut gesunder Spender wurde mit oder ohne die angegebenen Antigene (TT: 10µg/ml / Allergen: 20µg/ml) für 6 Stunden bei 37°C kultiviert. Für die letzten 4 Stunden wurde der Sekretionsinhibitor BrefA zugegeben. Es sind auf CD4⁺ Th-Zellen begrenzte Analysen gezeigt.

Beispiel 3

Die Isolierung von lebenden Tetanus-Toxoid-(TT)-spezifischen Th-Zellen anhand der reaktiven CD154 Expression aus humanen peripheren mononukleären Zellen nach *in vitro* Stimulation mit TT ist in Fig. 3 dargestellt. Aus ca. 20ml Vollblut wurden periphere mononukleäre Zellen gewonnen. Diese wurden für 6 Stunden mit 10µg/ml TT in Gegenwart eines monoklonalen anti-CD40 Antikörpers bei 37°C kultiviert. Alle Proben wurden mit Antikörpern gegen CD4-FITC, CD69-APC und CD154-PE markiert. Zum Ausschluss von toten Zellen wurden Propidiumjodid verwendet. In 3A sind Analysen der CD154 Expression im Verhältnis zur Expression des Aktivierungsmarkers CD69 vor Isolierung gezeigt. Nach einer magnetischen Anreicherung mit PE-spezifische MicroBeads (3B) wurden lebende CD4⁺, CD154⁺ Th-Zellen weiter mit dem FACS aufgereinigt (Figure 3C). In den Figuren 3A und 3B sind die Analysen auf CD4⁺ Th-Zellen begrenzt.

Patentansprüche

1. Verwendung von CD154 zum Nachweis und/oder zur
5 Isolierung von Antigen-spezifischen T-Lymphozyten.
2. Verwendung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
10 als T-Lymphozyten CD4⁺ und/oder CD8⁺ T-Lymphozyten
nachgewiesen und/oder isoliert werden.
3. Verwendung nach Anspruch 1 oder 2,
15 dadurch gekennzeichnet, dass
inflammatorische, antinflammatorische, regulatorische
und/oder suppressive T-Lymphozyten nachgewiesen
und/oder isoliert werden.
- 20 4. Verfahren zum Nachweis und/oder Isolierung von
Antigen-spezifischen T-Lymphozyten in einer Suspension
nach Aktivierung mit einem Antigen, wobei die
Suspension mit einem CD40/CD154 Systeminhibitor in
25 Kontakt gebracht wird, CD154 intra- oder extrazellulär
bestimmt und die CD154 aufweisenden Zellen detektiert
und/oder separiert werden.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass

als T-Lymphozyten CD4⁺ und/oder CD8⁺ T-Lymphozyten nachgewiesen und/oder isoliert werden.

- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
als CD40/CD154 Systeminhibitor ein anti-CD40-
Antikörper, ein anti-CD154-Antikörper, ein
Sekretionsinhibitor und/oder Endozytoseinhibitor
10 verwendet werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 als Sekretionsinhibitor und/oder Endozytoseinhibitor
Brefeldin A und/oder Monsensin verwendet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
CD154 intrazellulär in fixierten Zellen detektiert
wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
CD154 extrazellulär auf vitalen Zellen detektiert
wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die T-Lymphozyten isoliert und/oder separiert werden, die kein definiertes Zytokinmuster aufweisen.

Zusammenfassung

- 5 Es wird die Verwendung von CD154 zum Nachweis und/oder zur
Isolierung von Antigen-spezifischen T-Lymphozyten und ein
Verfahren zum Nachweis und/oder Isolierung von Antigen-
spezifischen T-Lymphozyten vorgeschlagen, wobei die
Suspension mit einem CD40/CD154 Systeminhibitor in Kontakt
10 gebracht wird, CD154 intra- oder extrazellulär bestimmt und
die CD154 aufweisenden Zellen nachgewiesen und/oder
isoliert werden.

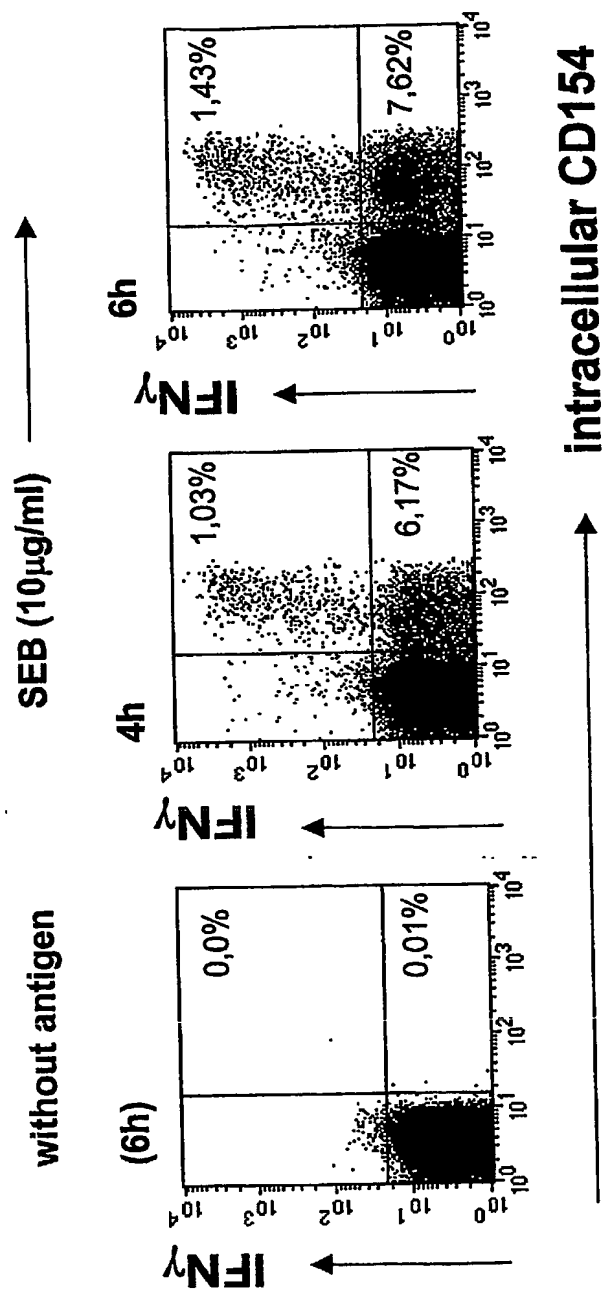


Figure 1

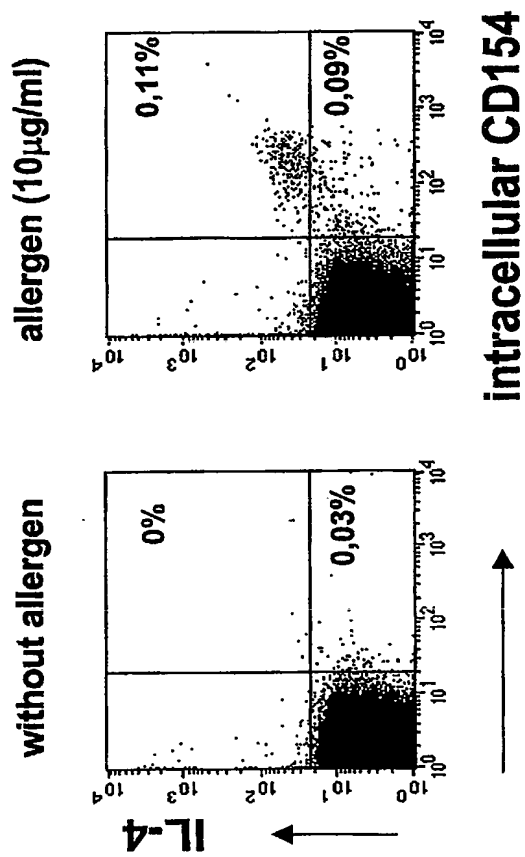
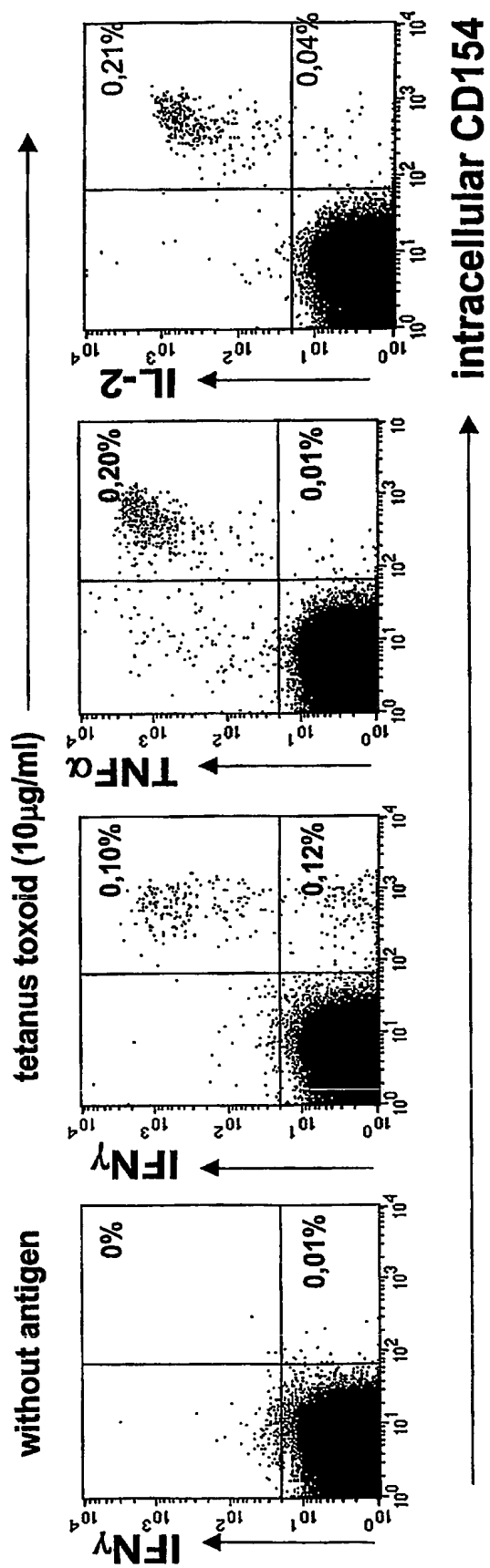


Figure 2

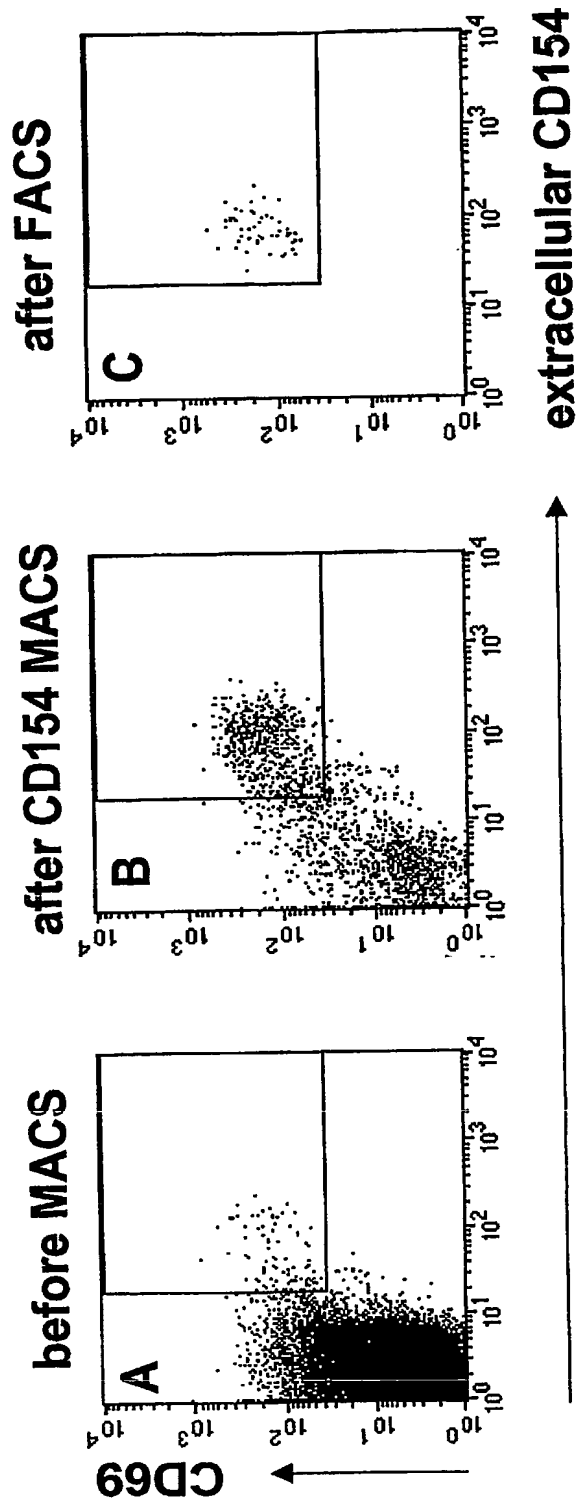


Figure 3